



# 九州シンクロトロン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1206051R

BL番号：09A

(様式第5号)

## 酸化ガリウム、ダイヤモンド等のワイドギャップ半導体単結晶の X線トポグラフィー測定(2)

### X-ray Topography Evaluation used by Synchrotron Light on Wide-gap Semiconductors such as Gallium Oxide and Diamond (2)

嘉数誠・松永晃和・村上竜一・西村健吾

Makoto Kasu, Akikazu Matunaga, Ryuichi Murakami, Kengo Nishimura

佐賀大学大学院工学系研究科

Graduate School of Engineering, Saga University

- ※1 先端創生利用(長期タイプ、長期トライアルユース)課題は、実施課題名の末尾に期を表す(I)、(II)、(III)を追記して下さい。
- ※2 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二年以内に研究成果公開〔論文(査読付)の発表又は研究センターの研究成果公報で公表〕が必要です。(トライアルユースを除く)

#### 1. 概要 (注：結論を含めて下さい)

$\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>はバンドギャップ4.8~4.9eVのワイドギャップ半導体であり、高電圧デバイス用の新しい半導体として期待されている。 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は格子定数(a=12.230, b=3.040, c=5.800 Å,  $\beta$ =103.7°)の単斜晶系であり、最近ようやく融液成長法によってバルク成長が可能になった。我々は(-201)面方位バルク結晶をシンクロトロン光(白色光)を用いたX線トポグラフィー測定を行い、双晶の形成機構を明らかにした。

#### (English)

$\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is one of wide-gap semiconductors with a bandgap of 4.8~4.9eV, and is expected as high-efficient high-power device material.  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> has lattice constants of (a=12.230, b=3.040, c=5.800,  $\beta$ =103.7°) and can be grown by liquid crystal growth method. However, its growth mechanism, defects are not clear. Therefore we performed its X-ray topography measurements of (-201) bulk crystal, and investigated twinning formation mechanism.

#### 2. 背景と目的

私はこれまで新しい電子材料の創製とそれを生かしたデバイス応用に関する研究を行ってきた。現在は、シリコンカーバイド(SiC)、窒化ガリウム(GaN)、窒化アルミニウム(AlN)、ダイヤモンド、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の広いバンドギャップをもつ新しい半導体の創製とそれを用いた高エネルギー効率のパワーデバイスの応用に関する研究を行っている。

環境・エネルギー問題は、今や不可避の深刻な社会問題である。エレクトロニクス、情報通信ネットワーク、電力ネットワークのエネルギー効率は、システムのハードウェアの大部分を占めるシリコン(Si)材料の固有の物性限界に到達している。それを打破するために、Siよりバンドギャップが広いSiCやGaNや、新しいワイドギャップ半導体である $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた高効率パワーデバイスの実用化に繋げ、エネルギー問題を根本的に解決することが最大の目標である。

$\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、GaNからの発光に対し透明であるため、GaN発光素子のバルク単結晶基板としての用途が期待されているばかりでなく、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>自体が、ワイドギャップ半導体であり、パワーデバイス材料として期待されている。

前回、(-201)面方位と(101)面方位を観察したが、今回は単色でX線トポグラフィーを測定し、双晶関係にある二つの結晶の構造的な関係を調べた。

### 3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

$\beta$ 型 Ga2O3 の測定試料は、EFG (edge-defined film fed growth) 法で [010] 方向に引き上げ成長したバルク単結晶を成長方向 [010] に平行に、(101) 面が表面になるように切り出した (55mmx55mm の直角三角形状) ものである。X 線トポグラフィー測定は、九州シンクログラフ研究センターのビームライン BL9A で行った。使用した X 線波長は 13.5keV (波長 0.9185Å)、回折面は (-402) であった。

今回は単色光で反射配置で測定を行った。表面からの X 線侵入深さは 1.8 $\mu$ m 程度と見積もられる。

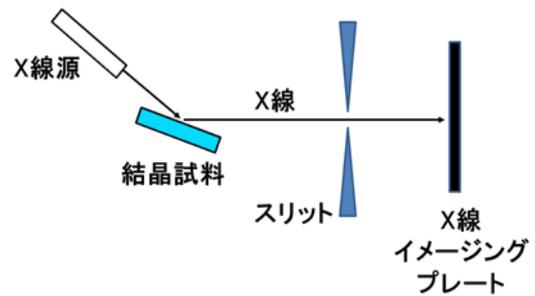


図1 X線トポグラフィー測定配置図

### 4. 実験結果と考察

図1に X 線を [010] 方向に入射して得られた単色 X 線トポグラフィー写真を示す。(-402)からの回折である。(101)結晶と(-201)結晶は a 面 (100) に対し双晶の関係にあるが、[0-10]方向にバルク成長中、横方向 [102]に沿面成長する際に、(101)結晶(-201)結晶との間で twinning (双晶化) が繰り返し起こったことがわかった。また双晶関係にある二つのセクターは微小角度でずれており、両者の間に微小傾角粒界があることが示唆された。

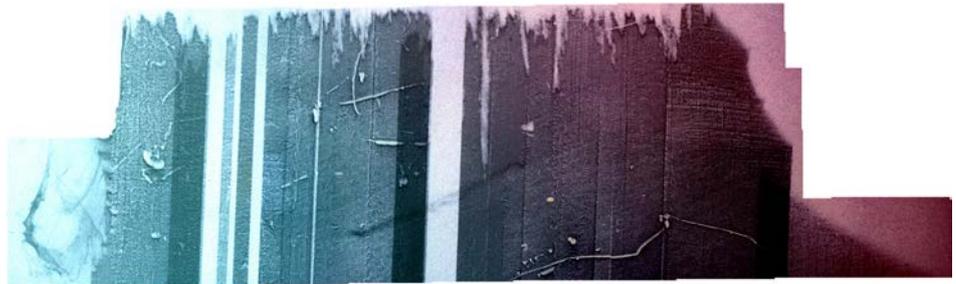


図2 X線トポグラフィー写真 (-201)セクター

### 5. 今後の課題

今後、twinning (双晶化) の原因、各セクターの結晶性を調べていく予定である。

### 6. 参考文献

1) M.Higashiwaki, K.Sasaki, and S.Yamakoshi, Appl,Phy,Lett. 100,013504(2012).

### 7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

松永晃和<sup>1</sup>, 村上竜一<sup>1</sup>, 西村健吾<sup>1</sup>, 飯塚 和幸<sup>3</sup>, 倉又 朗人<sup>3</sup>, 嘉数誠「 $\beta$ -Ga2O3 単結晶のシンクログラフを用いた X 線トポグラフィー評価」、第 42 回結晶成長国内会議 NCCG-42、2012 年 11 月 9~11 日、九州大学筑紫キャンパス, 10PS20。

### 8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を 2~3)

$\beta$ 型 Ga2O3、X 線トポグラフィー

9. 研究成果公開について (注: ※2 に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消して下さい。また、論文 (査読付) 発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入して下さい (2012 年度実施課題は 2014 年度末が期限となります。))

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| ① 論文 (査読付) 発表の報告 | (報告時期: 2015 年 3 月) |
| ② 研究成果公報の原稿提出    | (提出時期: 2015 年 3 月) |